农户灌溉行为目标对灌溉用水效率的影响研究
——以沙雅县为例

李适宜， 关全力

（新疆农业大学经济管理学院，新疆 乌鲁木齐 830052）

摘 要：当前农业用水一直占据总用水量的绝大部分，是农业生产发展的基础投入要素。而复杂的气候环境却给农业用水带来了巨大挑战，农业水资源的供需矛盾显得更为突出。以微观层面为出发点，探讨灌溉行为目标偏好对灌溉用水效率的影响，以期优化和选择提高农业用水效率的方式，实现资源环境约束下农业效益最大化。以新疆沙雅县传统农户为研究对象，构建随机前沿模型，测算农业生产技术效率，并推算出灌溉用水效率；然后利用Tobit模型探讨灌溉行为目标偏好及其他因素对灌溉用水效率的影响。结果表明：农户的农业生产技术效率的平均值为0.824，灌溉用水效率平均值为0.560，农业生产技术效率和灌溉用水效率均未达到技术完全高效的程度，仍有提高的余地。对影响因素的研究发现，年龄、受教育程度、农业收入占总收入比重、灌溉面积、对水资源是否紧缺的认知、是否为村干部、是否参与过培训、偏好利润最大化和偏好节约用水对灌溉用水效率有显著正向影响；耗水作物种植面积占总播种面积比重、偏好减少劳动力投入对灌溉用水效率有显著负向影响；农业劳动力、节水灌溉面积占总灌溉面积比重、用水成本、偏好及时灌溉和可持续发展对灌溉用水效率影响不显著，且用水成本对灌溉用水效率的提高起负向作用。为提高灌溉用水效率提出以下对策建议：增强农户节水意识、调整种植结构、完善灌溉水价机制。

关 键 词：灌溉行为；目标偏好；影响因素；灌溉用水效率；沙雅县

文章编号：1000－6060(2024)01－0048－10(0048～0057)

水资源保护与开发利用对可持续发展和国民经济运行至关重要，对有序开展人类生产活动，有效保障和提高人们生活水平具有很大影响。

新疆地处亚欧大陆腹地，属于典型的干旱地区。2020年《新疆维吾尔自治区水资源公报》显示，新疆水资源总量为801.0×10^8 m^3，人均水资源量2938.19 m^3。2020年新疆用水总量为549.93×10^8 m^3，农业用水总量为500.03×10^8 m^3，农业用水占总用水量的比重超过90%，而农田灌溉用水占农业用水量的98%以上，农田灌溉用水量占新疆总体用水量的绝大部分[1]。2020年《中国水资源公报》显示，新疆农田灌溉水有效利用系数为0.57，说明其存在较大提升空间。为此，2021年新疆发布《关于进一步强化水资源保护管理的实施意见》，认为到2025年，应持续推进节水工程建设，不断退减农业配水面积，将农业用水比例降至90%以下，并进一步提高水资源利用效率和效益，计划到2035年，将新疆灌溉水利用系数提高到0.6。但是，2021年《中国水资源公报》显示，北京市、天津市、上海市等经济发达的地区灌溉水利用系数在0.72以上。由此可见，进一步提高新疆农业灌溉用水效率，仍然任重而道远。

提高灌溉用水效率是新疆农业可持续发展政策体系和现实需求所要求的。水资源是维持农产品种植必不可少的基础要素，农业节水灌溉技术对农业产出尤为重要[2]。尽管新疆高效节水灌溉面积逐年增加，但用水效率并未明显提升，这表明通过

收稿日期：2023-06-18； **修订日期：**2023-07-24
基金项目：新疆维吾尔自治区高校科研计划项目（XJEDU2021SI007）资助
作者简介：李适宜（1998-），女，硕士研究生，主要从事水利经济管理等方面的研究. E-mail: lishiyi_0606@163.com
通讯作者：关全力（1972-），男，博士，副教授，主要从事农业经济与水利经济等方面的研究. E-mail: GQL@xjau.edu.cn

使用节水技术来提高用水效率已经遇到了瓶颈。因此，有必要从农户自身管理行为目标出发，深入探讨农户灌溉行为目标对于灌溉用水效率的影响。

近年来，灌溉用水效率的研究主要体现在定义、测算、影响因素3个方面。在定义方面，有学者认为灌溉用水效率表现为由农作物产量的提升所呈现的生产效率[3]，和农业收入增加带来的经济效率[4]。考虑到农业多要素生产框架，有学者将全要素用水效率界定为，想实现最优技术效率所需的潜在（最小）农业用水投入与实际农业用水投入之比[5]。基于技术效率角度，Kopp[6]将灌溉用水效率定义为在其他要素投入和产出不变的情况下，可能达到的最小灌溉用水量同实际灌溉水量之比。在用水效率测算方面，学者们多使用计量方法测算，主要采用的是参数法和非参数法，分别为随机前沿分析（SFA）和数据包络分析（DEA）。很多学者使用宏微观数据，采用SFA模型对农业生产技术效率进行测算，在此基础上进一步计算灌溉用水效率[7-8]。部分学者则使用DEA模型，对农业用水效率进行测算[9-11]。另有学者同时使用这2种方法，对用水效率进行测算[12-13]。在灌溉用水效率影响因素方面，学者们普遍认为农户禀赋[14]、农户家庭特征[15]、灌溉技术和灌溉基础设施条件、自然条件[16]以及政策环境[17]5个方面对灌溉用水效率产生影响。

此外，对于直接研究农户灌溉行为目标对灌溉用水效率影响的文献相对较少，主要涉及农户生产行为目标对农户生产活动的影响。农业灌溉作为农业生产活动中的一个重要环节，已有文献中关于农户生产行为目标的探讨方面为本文提供了可借鉴之处。Berkhout等[18]将农民目标偏好与撒哈拉以南非洲的小农农业效率水平联系起来，使用DEA模型对技术效率、利润分配效率和食品分配效率进行度量，并通过Tobit回归结果显示，目标偏好对效率水平产生直接影响。Kibirige等[19]使用微观数据采用因子分析的方法生成农民的目标取向，并利用DEA模型估算农民的生产效率，其中农民产生的目标取向有工具取向、可持续取向、家庭休闲取向、表现取向和社会地位取向，进一步发现农民可以在不改变现有技术的情况下提高效率，其中影响农民技术效率的因素是教育、年龄、工具取向和社会地位，影响农民分配效率的因素是年龄、家庭、休闲取向和社会地位取向，影响农民经济效率的因素是教育、家庭、休闲取向、年龄和社会地位取向。

综上所述，当前国内外研究已深入了解用水效率的定义、测度以及影响因素，但对灌溉用水效率影响因素的探索主要关注于外在环境和农户自身禀赋，忽略了农户心理目标偏好的影响或者直接假设农户效用实现了最大化。从微观个体心理因素、认知程度等方面探讨用水效率的影响因素还不常见。学者们多从农户生产行为目标对农业生产效率的影响入手，鲜少关注农户灌溉行为目标对灌溉用水效率的影响。因此，本文将探讨农户灌溉行为目标对灌溉用水效率的影响机理，在对灌溉用水效率测算的基础上采用计量模型进行实证检验，重点分析不同灌溉行为目标偏好对灌溉用水效率的影响，以期为政府提升用水效率提供参考。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

沙雅县地处南疆，属于典型的大陆性干旱荒漠气候区，气候干燥、降雨少、农业耗水量大且水资源相对匮乏。该县主要种植粮食作物和棉花，由于气候条件恶劣、灌溉条件差，水资源供需矛盾十分突出。2017年，沙雅县大力实施高效节水工程，以南疆3.33×10^4 hm^2高效节水增收试点项目为突破口，大规模推进高标准农田建设。

1.2 数据来源

2022年7月课题组成员分发调查问卷，对农户以家庭为单位进行访问。随机抽取了162户沙雅县典型农户家庭作为调查对象，具体包括英买力镇、海楼镇、红旗镇、古勒巴格镇、托依堡勒迪镇农户。本次调查共发放问卷162份，排除无效问卷8份，有效问卷154份，问卷有效率为95%。

1.3 研究方法

1.3.1 机理分析 根据Ajzen的计划行为理论，个体行为意图和现实行为高度相关。农户的行为目标可以充分反映其意图，而不同的行为目标则表明了农户不同的意向。作为生产活动中一部分的灌溉行为，农户进行灌溉时所追求的目标与其生产活动中所追求的目标相对应。

灌溉行为目标会随着时间和环境因素的变化而演变。在初期阶段，农户追求提高产量；当生计需求得到满足后，为了提高农业收益，农户会降低

成本；当缺水风险较大时，则更倾向于规避风险并获得及时灌溉；兼业收入较高的农户则注重闲暇和减少人力投入；在实现经济目标的同时也会考虑社会责任感，并响应节约用水等号召以获得尊重与认可。新一代农民更加注重环境保护和促进可持续发展。基于以上分析，本文提出农户多样化灌溉行为目标，即利润最大化、及时灌溉、规避风险、减少劳动力投入，增加更多闲暇时间、节约用水，获得尊重、可持续发展。

管理学上讲，效率是指一段时间内不同投入与产出的比率，包括以最低成本生产一定数量的产出或以一定成本生产最大产出，效率与投入成反比，与产出成正比。灌溉水利用效率会随灌溉量增加而降低[20]。农户灌溉行为目标偏好对灌溉用水效率具体作用取决于投入、产出两方面大小比较。

偏好利润最大化的农户注重降低生产成本和提高产量。为降低灌溉成本，会减少用水量以提高用水效率。偏好及时灌溉、规避风险的农户更加关注农作物需水期是否得到及时灌溉，并通过有效管理和合理配置水资源来提高灌溉用水效率。偏好减少劳动力、增加更多闲暇时间的农户家庭可能面临劳动力稀缺或从事农业生产的劳动力较少等问题，则更注重劳动力配置效率，并通过增加其他生产要素投入来取代劳动力投入以保证正常生产，导致在灌溉用水投入中不注重用水成本，进而降低灌溉用水效率。从马斯洛需求层次理论看，尊重与自我实现是人们的增长需求，当基本需求得到满足后，人们会追求更高层次需求。偏好节约用水、获得尊重的农户多是已满足基本需求，通过成为节水灌溉模范来获得他人尊重，并自觉约束灌溉行为采取高效节水措施，提高产出同时减少用水量以提升灌溉用水效率。偏好可持续发展的农户更注重灌溉对生态环境的影响。过度使用地下水和漫灌会导致土壤盐碱化和水资源浪费，不利于农业可持续发展。为实现可持续发展目标，农户可能采用节水灌溉技术、降低传统灌溉频率、减少地下水使用量以提高灌溉效率。

1.3.2 随机前沿方法 本文旨在分析灌溉用水效率的影响，采用Battese等[21]发展的随机前沿生产函数方法测算农户灌溉用水效率。通过农业生产技术效率测定方程的参数估计和误差项计算得出灌溉用水效率值，首先构建生产函数模型对农业生产技术效率进行测定，设Y_i为第i个农户的产出，则随机前沿生产函数表示为：

$$Y_i = f(X_{ij}, W_i, \beta)\exp(v_i - u_i) \tag{1}$$

式中：X_{ij}为第i个农户的第j种投入要素（除灌溉用水量之外）；W_i为第i个农户的灌溉用水量；β为待估参数；v_i为随机误差，且服从独立正态分布，表示农业生产中无法控制的因素，如气候变化、测量误差等；u_i为管理误差项，表示技术效率损失，且u_i服从半正态分布，v_i与u_i相互独立，两者皆独立于其他投入变量。当技术效率损失u_i=0时，估计结果$\hat{Y}_i$为第i个农户在技术充分有效下可能实现的最大产出。

农户的农业生产技术效率（TE_i）为实际产出与技术充分有效状态下最大产出的比值，可以通过对误差项（$v_i - u_i$）进行估计得到，计算公式如下：

$$\begin{aligned} TE_i &= Y_i/\hat{Y}_i = f(X_{ij}, W_i, \beta)\exp(v_i - u_i)/f(X_{ij}, W_i, \beta)\exp(v_i) \\ &= \exp(-u_i) \end{aligned} \tag{2}$$

根据Kopp[6]对灌溉用水效率（TEW_i）的定义，其计算公式为：

$$TEW_i = \hat{W}_i/W_i = \exp(-u_i/\beta_w) \tag{3}$$

式中：$\hat{W}_i$为当前技术条件下第i个农户可以实现的最小灌溉用水量；β_w为灌溉用水量变量对农业产出变量的弹性影响值。

1.3.3 Tobit模型 本文灌溉用水效率介于0至1之间，属于截断数据类型。如果使用最小二乘法（OLS）进行估计，无论是整个样本还是去掉离散点后的子样本，非线性项都会被纳入扰动项中，导致估计结果不一致。为解决这一问题，本文采用基于最大似然法的受限因变量模型（Tobit模型）对参数进行估计，并分析不同灌溉目标偏好对灌溉用水效率的影响。将各个影响因素指标作为自变量，以测量得出的灌溉用水效率值作为因变量，在Tobit模型框架下科学地量化其影响。具体设定如下形式：

$$TEW_i = \begin{cases} \delta_0 + \sum_k \delta_k Z_{ki} + \xi_i, & \delta_0 + \sum_k \delta_k Z_{ki} + \xi_i > 0 \\ 0, & \delta_0 + \sum_k \delta_k Z_{ki} + \xi_i \leqslant 0 \end{cases} \tag{4}$$

式中：Z_{ki}为第i个农户的第k种影响农户灌溉用水效率的自变量，包括农户个体、家庭生产经营特征和其他因素；δ_0为待估常数项；δ_k为待估参数；ξ_i为服从正态分布的误差项。

2 结果与分析

2.1 灌溉用水效率测算的变量选取与描述性分析

本文借鉴王学渊[12]的研究，选择的投入产出变

量均使用单位面积数据，将农业生产中可变投入因素从土地资源中分离出来，以便精确反映灌溉用水效率。根据许朗等[22]研究与生产实际，考虑到农产品种类众多，不同种类农产品产量难以用同一标准来衡量，参考有关文献做法[23]，选择农户单位面积农业产值（以各农产品产量和市场价计算）作为产出指标，选取单位面积种子投入（以平均每公顷种子投入量和种子单价计算）、化学投入（主要包括化肥投入和农药投入）、机械投入（包括耕作、播种和收获成本）、劳动力投入（根据农户家庭农业劳动人数和其平均劳动天数计算）、灌溉用水量（根据农户的灌溉次数和每次灌溉用水量计算）作为农业生产投入指标[14]，具体变量描述见表1。

2.2 灌溉用水效率影响因素变量的选取与描述性分析

本文农业灌溉用水效率基于农业生产技术效率来测算，样本数据来自沙雅县，因此在对影响因素的选取上，不考虑自然条件，而是从农户灌溉行为目标偏好出发，探寻其对灌溉用水效率的影响，并参考已有研究，结合农业生产实际，从农户特征[24]、农户家庭特征以及农户生产经营特征[25-26]等方面来考虑各因素对灌溉用水效率的影响。在此基础上，参考有关研究[19]，扩充了研究变量，不仅关注外在因素，而且更重视影响灌溉用水效率的内在目标偏好，目标偏好重要等级确定方法参考柴军[27]的研究使用配对比较法，具体变量描述见表2。

表1 主要变量的描述性统计

Tab. 1 Descriptive statistics of main variables

变量	农户单位面积农业产值/元·hm^{-2}	单位面积种子投入/元·hm^{-2}	单位面积化学投入/元·hm^{-2}	单位面积机械投入/元·hm^{-2}	单位面积劳动力投入/人·d·hm^{-2}	单位面积灌溉用水量/m^3·hm^{-2}
均值	24446.25	995.85	4496.40	3516.08	11.70	12817.80
标准误差	7288.65	272.03	1065.83	607.50	7.20	3443.18
最小值	10901.93	1.58	2185.88	2196.45	0.68	5249.93
最大值	47219.40	1536.08	8880.08	4981.28	45.00	20883.60

表2 灌溉用水效率影响因素的描述统计分析

Tab. 2 Descriptive statistical analysis of influencing factors of irrigation water use efficiency

变量	变量描述	均值	标准误差	变量类型
年龄（age）/岁	户主的年龄	48.39	11.74	连续变量
受教育程度（edu）	农户的受教育程度分组：1=小学及以下；2=中学；3=高中及以上	1.68	0.51	离散变量
农业收入占总收入比重（inc）/%	农业收入/农户家庭总收入	0.60	0.20	连续变量
农业劳动力（labor）/人	农户家庭务农劳动力合计	2.27	0.82	连续变量
灌溉面积（land）/hm^2	需灌溉耕地面积合计	0.82	0.37	连续变量
耗水作物种植面积占总播种面积比重（str）/%	耗水作物播种面积/农户家庭总播种面积	0.56	0.21	连续变量
节水灌溉面积占总灌溉面积比重（irr）/%	使用节水灌溉技术的耕地面积/需灌溉的耕地总面积	0.22	0.34	连续变量
用水成本（cost）/元·hm^{-2}	单位面积水费	1753.06	227.97	连续变量
对水资源是否紧缺的认知（d1）	农户对水资源紧缺的认知：0=不紧缺；1=紧缺	0.50	0.50	离散变量
是否为村干部（d2）	农户是否为村干部：0=否；1=是	0.40	0.49	离散变量
是否参与过培训（d3）	农户是否参与过灌溉相关培训：0=否；1=是	0.75	0.43	离散变量
利润最大化（g1）	农户是否认为最重要的目标是利润最大化：0=其他；1=是	0.63	0.48	离散变量
及时灌溉，规避灌溉风险（g2）	农户是否认为最重要的目标是及时灌溉：0=其他；1=是	0.04	0.19	离散变量
减少劳动力投入，增加闲暇时间（g3）	农户是否认为最重要的目标是减少劳动力投入：0=其他；1=是	0.21	0.41	离散变量
节约用水，获得尊重（g4）	农户是否认为最重要的目标是节约用水，获得尊重：0=其他；1=是	0.08	0.28	离散变量
可持续发展（g5）	农户是否认为最重要的目标是可持续发展：0=其他；1=是	0.04	0.19	离散变量

2.3 农业生产技术效率与灌溉用水效率分析

通过Frontier 4.1计算农业生产技术效率与灌溉用水效率(表3)。从技术效率测算结果来看,大部分农户的农业生产技术效率在0.8以上,均未达到技术充分有效。农业生产技术效率平均值为0.824,最小值为0.480,最大值为0.974。从频数分布可以看出,42.86%的农户的农业生产技术效率比群体平均值要低,30.50%的农户的农业生产技术效率值在0.9以上,样本效率差值为0.494,说明农户群体农业生产技术效率差别很大。

从灌溉用水效率测算结果来看,与前者相比其测算值更加离散且波动性更强烈。灌溉用水效率平均值为0.560,从频数分布来看,47.40%的农户灌溉用水效率值比样本平均水平要低,30%~80%之间的农户占80.52%,表明调研区域存在极其严重的浪费问题,节水潜力很大。另外,灌溉用水效率最小值为0.089,最大值为0.918,效率之间具有较强异质性且主要由农户个体之间存在差异所致,说明在不同个体特征下,分析农户灌溉用水效率具有较高研究价值。

表3 农业生产技术效率和灌溉用水效率频数分布表

Tab. 3 Frequency distribution of agricultural production technical efficiency and irrigation water efficiency

效率值/%	农业生产技术效率			灌溉用水效率		
	样本数量	比例/%	累计比例/%	样本数量	比例/%	累计比例/%
(0, 10]	-	-	-	2	1.30	1.30
(10, 20]	-	-	-	7	4.55	5.84
(20, 30]	-	-	-	6	3.90	9.74
(30, 40]	-	-	-	25	16.23	25.97
(40, 50]	2	1.30	1.30	21	13.64	39.61
(50, 60]	5	3.25	4.55	23	14.94	54.55
(60, 70]	10	6.49	11.04	22	14.29	68.83
(70, 80]	38	24.68	35.71	33	21.43	90.26
(80, 90]	52	33.77	69.48	14	9.09	99.35
(90, 100]	47	30.52	100.00	1	0.65	100.00

2.4 农户灌溉用水效率影响因素分析

为了深入探究影响灌溉用水效率的深层原因,本文采用Tobit模型进行参数估计,分析不同灌溉目标偏好对灌溉用水效率的影响(表4)。

(1) 个人及家庭特征变量。

农户年龄(age)对灌溉用水效率有显著正向影响($P<0.01$)。随着年龄增长,农户积累了丰富劳动经验,在农业生产中能更精准地掌握作物生长周期并有效管理灌溉用水以提高作物需求满足度并促进灌溉用水效率提升。

受教育程度(edu)对灌溉用水效率有显著正向影响($P<0.01$)。受教育程度提高,能够帮助农户理解新型农业技术与经营模式,从而进行理性农业生产、科学灌溉,来提升灌溉用水效率。

农业收入占总收入比重(inc)对灌溉用水效率有显著正向影响($P<0.01$)。以农业收入为主要来源的农户会更加注重节约水资源、控制成本来提高灌溉效率。

农业劳动力(labor)对灌溉用水效率有负向影响,但不显著。随着人力雇佣成本上升,增加劳动力投入会提高农业生产成本并对灌溉用水效率产生负向影响。但研究区经济相对落后,农户通过劳动投入增加农产品产值,提高了灌溉用水效率,削弱了劳动投入的负向影响,最终导致回归结果不显著。

灌溉面积(land)对灌溉用水效率有显著正向影响($P<0.01$)。研究结果表明,农业规模化经营能够提高耕地平整度和规划性,促进规模化种植,并集中更多生产要素以提高效率。因此,在农田规模化经营下,农田水资源利用率更高。

耗水作物种植面积占总播种面积比重(str)对灌溉用水效率有显著的负向影响($P<0.01$)。这是因为在相同产出下,耗水作物需要投入更多的水资源来满足其用水需求,所需用水量随着耗水作物种植面积占比的增加而增加,导致灌溉用水效率降低。

节水灌溉面积占总灌溉面积比重(irr)对灌溉用

表4　Tobit模型回归的估计结果

Tab. 4　Estimated results of Tobit model regression

变量	系数	标准误	t	$P>\|t\|$
常数	0.485893***	0.084	5.82	0.000
age	0.002580***	0.001	4.09	0.000
edu	0.037440***	0.013	2.79	0.006
inc	0.206578***	0.042	4.94	0.000
labor	−0.012291	0.008	−1.50	0.137
land	0.079413***	0.021	3.83	0.000
str	−0.352867***	0.042	−8.39	0.000
irr	0.000953	0.019	0.05	0.959
cost	−0.000049	0.000	−1.64	0.103
d1	0.044833***	0.016	2.87	0.005
d2	0.045840***	0.016	2.87	0.005
d3	0.057562***	0.016	3.67	0.000
g1	0.066127**	0.033	2.02	0.045
g2	0.021576	0.045	0.48	0.632
g3	−0.121176***	0.036	−3.37	0.001
g4	0.100091**	0.039	2.56	0.012
g5	−0.012843	0.022	−0.58	0.560

注：*、**、***分别表示在$P<0.1$、$P<0.05$和$P<0.01$水平上显著；t值为临界值；P为显著性概率。

水效率有正向影响，但不显著。随着农业节水灌溉面积比重提高，灌溉用水效率也会提高。回归结果未通过显著性检验可能原因：一是数据不足，大多数农户仍采用漫灌技术；二是农户对于节水灌溉技术理解和应用尚不成熟，在操作过程中无法发挥其最大效益。

用水成本（cost）对灌溉用水效率存在负向影响，但不显著。可能与调研地点情况有关，该区域一些乡镇的农田水利设施相对落后，无法准确计算灌溉用水量；按亩收费管理方式不能反映出水资源价值。此外，补贴政策降低了农户用水成本，会造成费用降低假象。

对水资源是否紧缺的认知（d1）通过了$P<0.01$水平的显著性检验，认识到农业用水紧缺对灌溉用水效率有显著正向影响。农户意识到用水短缺会增强保护意识并慎重使用用水资源。相反，缺乏灌溉用水紧缺意识的农户在灌溉过程中往往存在着无限制使用和舒适感优先等心理暗示，粗放型灌溉行为难以得到约束，从而导致灌溉用水效率低下。

是否为村干部（d2）对于提高灌溉用水效率至关重要，有显著正向影响（$P<0.01$）。作为村委会成员，村干部理解农业政策，并将其应用于实践中，运用新技术、新方法提高产量、降低成本和改善农作物生长环境，从而提高灌溉用水效率。在特殊语言环境下具备“双语”能力的村干部拥有特别优势，可更好履职并获取节水知识。虽然普通农户利用水资源时会受到村干部影响，但由于缺乏对节水政策理解与落实的能力，因此其灌溉用水效率不如村干部。

是否参与过培训（d3）对提高灌溉用水效率有显著正向影响（$P<0.01$）。农户通过接受先进生产知识并付诸实践，使得参与培训在灌溉中发挥重要作用。调查显示，大多数农户利用空闲时间积极参加节水灌溉培训，且次数较多，内容贴近实际情况、针对性强。经过专业培训的农户在生产上拥有更多技术知识和实践经验，能够更有效利用水资源。

（2）目标偏好。不同灌溉行为目标偏好对灌溉用水效率产生不同影响。

偏好利润最大化目标（g1）对灌溉用水效率有正向显著影响（$P<0.05$）。回归系数表明农户认为该目标更重要时会倾向于降低成本、减少投入以提高用水效率。

偏好及时灌溉、规避灌溉风险目标（g2）对灌溉用水效率没有显著影响。可能原因是，在研究区域，多数农户缺乏自主权，灌溉时间由农民用水合作社决定，无明显规律，从而使得回归结果不显著。

偏好减少劳动力投入、增加闲暇时间目标（g3）对灌溉用水效率有显著负向影响（$P<0.01$）。可能原因是，经济水平提高后，农户更注重休闲娱乐，且调查对象中老年人较多，他们迫切需要减少劳动力投入，导致农业生产和灌溉管理不到位，灌溉用水效率低下。

偏好节约用水、获得他人尊重目标（g4）对灌溉用水效率有显著正向影响（$P<0.05$）。可能原因是，农户在用水过程中受到了节水意识的制约，并且一些地区会表扬和奖励节水效果明显的农户，使得农户将节水理念贯穿于整个用水过程，最终提高其灌溉用水效率。

偏好可持续发展目标（g5）对灌溉用水效率没有显著影响。可能原因是，样本农户中偏好该目标的数量有限，或者可持续发展目标需要关注未来而农户更关注当前生产需求，实际生产中并不一定遵循可持续发展理念指导用水，也不能确保节水效果。

3 讨论

3.1 灌溉用水效率

本文研究表明，沙雅县样本农户灌溉用水效率平均值为0.560，结果低于耿献辉等[25]基于新疆棉农数据测算的灌溉用水效率0.74和王晓娟等[28]基于石津灌区冬小麦生产数据测算的0.75，但高于王学渊等[4]基于中国省区数据测算的0.49、许朗等[26]基于安徽省蒙城县小麦数据测算的0.48。可能原因是，选取的调研区域不同以及设置的产出不同。从2017年起，沙雅县持续推进高标准农田建设和高效节水增收试点项目，实施智能滴灌系统，节水效果明显。土地平整后，开展适度规模经营，农业机械化水平得到提高，相应灌溉效率更高。另外，在产出指标设置中，学者们多针对单一作物，而通过调研发现大多数农户种植产品多样，主要包含核桃、棉花、玉米、小麦等，无法统一衡量，遂将农产品最终产值作为产出指标。各作物之间耗水量差异较大，直接影响灌溉用水效率。考虑农户种植多种作物更符合农业生产实际特点。

3.2 灌溉用水效率影响因素

本文研究结果表明，农户用水成本对灌溉用水效率存在负向影响，但不显著。与其他学者[17,29]认为灌溉成本与灌溉用水效率呈正相关关系的观点存在分歧。此外，有研究指出，在一定价格区间内，水价和用水量之间存在弹性关系[30]；当水价升至临界点时才会显现其对用水需求的影响[31]。考虑到目前调研区域灌溉水价较低，在刺激农户提高灌溉用水效率方面作用有限。

偏好利润最大化和节约用水目标对于提高灌溉用水效率有正向影响，这与Kibirige等[19]研究结论一致；而偏好减少劳动力投入则会产生负向影响，这与该学者的结论相反。主要原因是，由于现实条件限制，在调研区域内农户缺乏高效利用其他资源的能力。此外，偏好及时灌溉和可持续发展对于灌溉用水效率没有显著影响。说明目标偏好指标选取虽有代表性但仍存在不足，在后续研究中需要进行改进。

4 结论与对策建议

4.1 结论

基于沙雅县农户调研数据，使用SFA模型首先对灌溉用水效率进行测算，进一步采用Tobit模型实证分析了灌溉行为目标偏好对灌溉用水效率的影响。研究结论为：

(1) 2021年沙雅县农户灌溉用水效率平均值为0.560，从频数分布来看，47.40%的农户灌溉用水效率值比样本平均水平要低，30%~80%之间的农户占80.52%，这表明农户灌溉用水浪费问题非常严重、节水潜力较大。其中，最小值只有0.089，最大值为0.918，表明效率之间具有较强异质性。

(2) 年龄、受教育程度、农业收入占总收入比重、灌溉面积、对水资源是否紧缺的认知、是否为村干部、是否参与过培训、偏好利润最大化、偏好节约用水对灌溉用水效率有显著正向影响；耗水作物种植面积占总播种面积比重、偏好减少劳动力投入对灌溉用水效率有显著负向影响；农业劳动力、节水灌溉面积占总灌溉面积比重、用水成本、偏好及时灌溉和可持续发展对灌溉用水效率没有显著影响，且用水成本对灌溉用水效率起负向作用。因此，可以通过提高水资源紧缺认知、参与培训、推动农户形成利润最大化、节约用水目标，适当减少耗水作物种植面积和完善水价机制来提高灌溉用水效率。

4.2 对策建议

针对以上研究结果，本文提出相关建议：

(1) 增强农户节水意识。本研究表明，当农户意识到用水紧缺时，其灌溉用水效率会提升。因此，应该科学宣传和引导让农户充分了解当前缺水形势和水资源特征。此外，农户偏好节约用水、获得尊重目标，其用水效率也会提升，应当完善节水模范评选机制和奖励机制，营造良好节水氛围，推动农户灌溉行为目标偏好向“节约用水、获得尊重”靠近，从而转变用水意识并将其转化为行为，最终提高灌溉用水效率。

(2) 调整种植结构，减少耗水作物种植比重。研究结果表明耗水作物种植面积占总播种面积比重与灌溉用水效率呈负相关性，应优化调整作物种植结构以提高灌溉水利用率，同时要充分考虑市场因素影响，以实现提升农产品价值和增加农民收入的目标。

(3) 完善灌溉水价机制。研究结果表明，用水成本对灌溉用水效率没有显著影响。可能是因为调研区域缺乏完善的灌溉用水计量设施，导致以灌溉面积收取水费，不利于节约用水意识形成。此

外，给予农户奖励补贴也削弱了水价的经济杠杆作用。因此，需要建立供应测量设施系统，建立健全农业价格形成机制和节约用水奖励机制。同时落实农业灌溉费用标准，建立村级核算确认体系，执行超定额累进加价、分类价格和斗农渠末级渠系价格制度。

参考文献(References)

[1] 新疆维吾尔自治区统计局. 2021年新疆统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021: 167-168. [Statistics Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. 2021 Xinjiang Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2021: 167-168.]

[2] 张宁, 汪子晨, 杨肖, 等. 新疆水资源与农业种植系统耦合协调及时空差异研究——以粮食和棉花种植系统为例[J]. 干旱区地理, 2023, 46(3): 349-359. [Zhang Ning, Wang Zichen, Yang Xiao, et al. Coupling coordination and spatiotemporal differences between water resources and agriculture cropping system in Xinjiang: A case of grain and cotton cropping systems[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(3): 349-359.]

[3] 梁静溪, 张安康, 李彩凤. 基于权重约束DEA和Tobit模型农业灌溉用水效率实证研究——以黑龙江省为例[J]. 节水灌溉, 2018(4): 62-68. [Liang Jingxi, Zhang Ankang, Li Caifeng. An empirical study on agriculture irrigation water use efficiency based on weight constraints DEA and Tobit model: A case study of Heilongjiang Province[J]. Water Saving Irrigation, 2018(4): 62-68.]

[4] 王学渊, 赵连阁. 中国农业用水效率及影响因素——基于1997—2006年省区面板数据的SFA分析[J]. 农业经济问题, 2008, 29(3): 10-18, 110. [Wang Xueyuan, Zhao Liange. Agricultural water efficiency and the causal factors: A stochastic frontier analysis based on Chinese provincial panel data: 1997—2006[J]. Issues in Agricultural Economy, 2008, 29(3): 10-18, 110.]

[5] 佟金萍, 马剑锋, 王慧敏, 等. 中国农业全要素用水效率及其影响因素分析[J]. 经济问题, 2014(6): 101-106. [Tong Jinping, Ma Jianfeng, Wang Huimin, et al. Research on agricultural total-factor water use efficiency and its influencing factors in China[J]. On Economic Problems, 2014(6): 101-106.]

[6] Kopp R J. The measurement of productive efficiency: A reconsideration[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1981, 96(3): 477-503.

[7] 刘维哲, 常明, 王西琴. 基于随机前沿的灌溉用水效率及影响因素研究——以陕西关中地区小麦为例[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(9): 1407-1414. [Liu Weizhe, Chang Ming, Wang Xiqin. Irrigation water efficiency based on stochastic production frontier and influencing factors: An empirical study of wheat in Guanzhong Region, Shaanxi[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26 (9): 1407-1414.]

[8] 许朗, 陈玲红. 地下水超采区农业灌溉用水效率影响因素分析[J]. 人民黄河, 2020, 42(7): 145-150. [Xu Lang, Chen Linghong. Analysis of water efficiency and influencing factors of agricultural irrigation in over-exploitation area of groundwater[J]. Yellow River, 2020, 42(7): 145-150.]

[9] 赵丽平, 李登娟, 侯德林, 等. 2003—2016年湖北省农业用水效率测算及时空差异[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(5): 240-247. [Zhao Liping, Li Dengjuan, Hou Delin, et al. Tempo-spatial variations of agricultural water use efficiency measurements in Hubei Province from 2003 to 2016[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2020, 31(5): 240-247.]

[10] 梁静溪, 张安康, 许耀文, 等. 基于方法集和DEA模型的黑龙江省灌溉用水效率评价[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(6): 124-131. [Liang Jingxi, Zhang Ankang, Xu Yaowen, et al. Evaluation of irrigation water use efficiency based on method set and DEA model in Heilongjiang Province[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2019, 37(6): 124-131.]

[11] 罗冲, 姜博, 张文琦, 等. 黑龙江省灌溉用水效率时空差异及其节水潜力分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23): 254-257. [Luo Chong, Jiang Bo, Zhang Wenqi, et al. Analysis of the spatial and temporal differences in irrigation water efficiency and its water-saving potential in Heilongjiang Province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(23): 254-257.]

[12] 王学渊. 基于DEA和SFA方法的中国省区灌溉用水效率比较研究[J]. 统计与决策, 2010(8): 44-47. [Wang Xueyuan. Comparative study on irrigation water use efficiency of provinces and regions in China based on DEA and SFA methods[J]. Statistics & Decision, 2010(8): 44-47.]

[13] 孙天合. 陕西关中不同灌区农业灌溉用水效率评价及其影响因素分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013. [Sun Tianhe. The agricultural irrigation water efficiency evaluation and its influencing factors analysis of different irrigation districts in Guanzhong, Shaanxi[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2013.]

[14] 许朗, 陈杰, 刘晨. 小农户与新型农业经营主体的灌溉用水效率及其影响因素比较[J]. 资源科学, 2021, 43(9): 1821-1833. [Xu Lang, Chen Jie, Liu Chen. Comparison of irrigation efficiency of smallholder farmers and new agricultural operators and influencing factors[J]. Resources Science, 2021, 43(9): 1821-1833.]

[15] 刘维哲, 王西琴. 农户稀缺感知、超采认知对地下水灌溉用水效率的影响——基于河北地下水超采区457个农户调研数据[J]. 中国生态农业学报, 2021, 29(5): 929-936. [Liu Weizhe, Wang Xiqin. Impact of farmers’ scarcity perception and overdrawn cognition on efficiency of groundwater irrigation: Based on the survey data of 457 farmer households in groundwater overdraft area of Hebei Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, 29(5): 929-936.]

[16] 常明, 王西琴, 贾宝珍. 中国粮食作物灌溉用水效率时空特征及驱动因素——以稻谷、小麦、玉米为例[J]. 资源科学, 2019, 41 (11): 2032-2042. [Chang Ming, Wang Xiqin, Jia Baozhen. Driving factors and spatiotemporal differentiation of irrigation water use ef-

ficiency in China[J]. Resources Science, 2019, 41(11): 2032-2042.]

[17] 于淼, 王维祯, 刘美冉, 等. 水价改革背景下农业灌溉用水效率及影响因素分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(7): 133-139. [Yu Miao, Wang Weizhen, Liu Meiran, et al. Analysis on water use efficiency and influencing factors of agricultural irrigation under the background of water price reform[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2019(7): 133-139.]

[18] Berkhout E D, Schipper R A, Kuyvenhoven A, et al. Does heterogeneity in goals and preferences affect efficiency? A case study of farm households in northern Nigeria[J]. Agricultural Economics, 2010(41): 265-273.

[19] Kibirige D, Singh A S. Efficiency and goals of smallholder sugarcane farmers in Eswatini (Swaziland) [J]. Journal of Agricultural Studies, 2021, 9(3): 123-152.

[20] 张慧, 张凯, 陈冰, 等. 不同灌溉量对新疆棉花生长发育及产量形成的影响[J]. 干旱区研究, 2022, 39(6): 1976-1985. [Zhang Hui, Zhang Kai, Chen Bing, et al. Effects of different irrigation rates on cotton growth and yield formation in Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2022, 39(6): 1976-1985.]

[21] Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical Economics, 1995(20): 325-332.

[22] 许朗, 胡莉红. 井灌区玉米灌溉用水效率及其影响因素——以河南省滑县、山东省巨野县农户数据为例[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(10): 296-300. [Xu Lang, Hu Lihong. Maize irrigation water efficiency and its influencing factors in well irrigation district: A case study of farmer data in Hua County of Henan Province and Juye County of Shandong Province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(10): 296-300.]

[23] 陈冠乔. 农业保险对农业产出水平的影响——以广东省地级市为例[D]. 广州: 广东财经大学, 2022. [Chen Guanqiao. The impact of agricultural insurance on agricultural output: A case study of prefecture-level cities in Guangdong Province[D]. Guangzhou: Guangdong University of Finance & Economics, 2022.]

[24] 刘依杭. 不同规模农户农业生产效率差异及影响因素研究——基于DEA-Tobit模型的实证分析[J]. 生态经济, 2021, 37(5): 113-118. [Liu Yihang. A study on the differences of agricultural production efficiency of farmers of different scales and influencing factors: An empirical analysis based on DEA-Tobit model[J]. Ecological Economy, 2021, 37(5): 113-118.]

[25] 耿献辉, 张晓恒, 宋玉兰. 农业灌溉用水效率及其影响因素实证分析——基于随机前沿生产函数和新疆棉农调研数据[J]. 自然资源学报, 2014, 29(6): 934-943. [Geng Xianhui, Zhang Xiaoheng, Song Yulan. Measurement of irrigation water efficiency and analysis of influential factors: An empirical study based on stochastic production frontier and cotton farmers' data in Xinjiang [J]. Journal of Natural Resources, 2014, 29(6): 934-943.]

[26] 许朗, 黄莺. 农业灌溉用水效率及其影响因素分析——基于安徽省蒙城县的实地调查[J]. 资源科学, 2012, 34(1): 105-113. [Xu Lang, Huang Ying. Measurement of irrigation water efficiency and analysis of influential factors: An empirical study of Mengcheng County in Anhui Province[J]. Resources Science, 2012, 34(1): 105-113.]

[27] 柴军. 新疆牧民生产决策行为与草地退化问题研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008. [Chai Jun. Study on the relationship between herdsman's production behavior and grassland degradation in Xinjiang[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008.]

[28] 王晓娟, 李周. 灌溉用水效率及影响因素分析[J]. 中国农村经济, 2005(7): 11-18. [Wang Xiaojuan, Li Zhou. Analysis of irrigation water efficiency and influencing factors[J]. Chinese Rural Economy, 2005(7): 11-18.]

[29] 王文浩, 曹红霞, 蔡焕杰. 灌溉水价与灌区灌溉用水量关系研究[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(1): 82-85. [Wang Wenhao, Cao Hongxia, Cai Huanjie. Relationship between irrigation water price and consumption[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2013, 32(1): 82-85.]

[30] Berbel J, Gomez-Limon J A. The impact of water-pricing policy in Spain: An analysis of three irrigated areas[J]. Agricultural Water Management, 2000, 43(2): 219-238.

[31] Huffaker R, Whittlesey N, Michelsen A, et al. Evaluating the effectiveness of conservation water-pricing programs: Reply[J]. Journal of Agricultural and Resource Economics, 1998, 23(2): 571-572.

Influence of farmers' irrigation behavior goals on irrigation water efficiency: A case of Xayar County

LI Shiyi, GUAN Quanli
(College of Economics and Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract: The predominant share of total water consumption is currently attributed to agricultural water, which serves as the fundamental input for agricultural production and development. However, the intricate climate environment presents formidable challenges to the effective use of agricultural water, accentuating the imbalance between the supply and demand of agricultural water resources. This study delves into micro-level dynamics, specifically exploring the impact of irrigation behavior goal preferences on irrigation water use efficiency. This study aims to optimize strategies and select methods that enhance agricultural water use efficiency, thereby maximizing agricultural benefits within available resources and environmental context constraints. Focusing on traditional farmers in Xayar County, Aksu Prefecture of Xinjiang, China, this study employs a stochastic frontier model to calculate farmers' technical efficiency in agricultural production and irrigation water efficiency. Subsequently, the Tobit model was applied to examine the influences of irrigation behavior goal preferences and other factors on irrigation water use efficiency. The findings reveal that the average technical efficiency of farmers' agricultural production is 0.824, with an average irrigation water efficiency of 0.560. Both technical efficiency in agricultural production and irrigation water efficiency fall short of achieving total technical efficiency, indicating potential for improvement. Upon analyzing the influencing factors, we observed that age, education level, proportion of agricultural income in total income, irrigated area, awareness of water shortage, village cadres status, participation in training, preference for profit maximization, and preference for water conservation exert substantial positive effects on irrigation water efficiency. Consequently, the proportion of planting area for water-consuming crops to the total sown area and the preference to reduce labor input have notable negative impacts on irrigation water efficiency. The agricultural labor force, proportion of water-saving irrigated area in the total irrigated area, water use cost, preference for timely irrigation, and sustainable development have no substantial effects on irrigation water use efficiency. Notably, water use costs negatively influence improving irrigation water use efficiency. Several strategic recommendations have been proposed to enhance irrigation water use efficiency, including increasing farmers' awareness of water conservation, adjusting planting structures, and refining the irrigation water price mechanism.

Key words: irrigation behavior; goal preference; influencing factors; irrigation water efficiency; Xayar County